



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 299 128**

51 Int. Cl.:
F01N 7/16 (2006.01)
F16L 58/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **06018349 .8**
86 Fecha de presentación : **01.09.2006**
87 Número de publicación de la solicitud: **1760286**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **07.03.2007**

54 Título: **Tubo de escape para un motor de combustión interna.**

30 Prioridad: **06.09.2005 JP 2005-258035**

73 Titular/es: **Yamaha Hatsudoki Kabushiki Kaisha**
2500 Shingai
Iwata-shi, Shizuoka-ken 438-8501, JP

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.05.2008

72 Inventor/es: **Takahashi, Naohisa**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.05.2008

74 Agente: **Ungría López, Javier**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Tubo de escape para un motor de combustión interna.

5 1. Campo de la invención

La presente invención se refiere a un tubo de escape para un motor de combustión interna, en el que el tubo de escape es utilizado para conducir a lo largo del mismo un gas de escape que es generado en el motor de combustión interna. Más particularmente, la presente invención se refiere a un tubo de escape para un motor de combustión interna, de tal manera que al menos una porción del tubo de escape aparece sobre el exterior de un vehículo que incorpora el motor de combustión interna.

2. Descripción de la técnica relacionada

En muchas motocicletas o similares que incorporan un motor de combustión interna, el motor de combustión interna está expuesto de tal manera que la apariencia exterior del motor de combustión interna puede contribuir al diseño estético de la motocicleta. En una motocicleta de este tipo, un tubo de escape para conducción a través del mismo de gas de escape desde el motor de combustión interna juega también un papel importante en el diseño de la motocicleta. Incluso en el caso de que el motor de combustión interna esté cubierto por un carenado o similar, no es probable que el tubo de escape esté cubierto completamente por un carenado o por un protector. En su lugar, es frecuente el caso en el que al menos una porción del tubo de escape aparece sobre el exterior para convertirse en parte del diseño de la motocicleta.

La figura 14 es una vista lateral que muestra un ejemplo de una motocicleta del tipo deportivo. Una motocicleta 200 mostrada en la figura 14 incluye un motor del tipo V 201 y un tubo de escape 202 para conducir a lo largo del mismo el gas de escape. Dos cilindros del motor del tipo V 201 se combinan en el tubo de escape 202 individual, que se extiende hacia y por encima de la rueda trasera, con el fin de permitir que el gas de escape sea descargado en la porción trasera del cuerpo. En la presente memoria descriptiva, un “tubo de escape” significa la totalidad de cualquier estructura que compone un canal para conducir a lo largo del mismo el gas de escape desde el motor de combustión interna y puede incluir cualquier porción que define un silencioso 202a o similar.

En general, el tubo de escape 202 debe tener un cierto espesor para permitir que el gas de escape generado en el motor de combustión interna 201 sea descargado de una manera eficiente. Además, la porción que constituye el silencioso 202a tiene un diámetro incrementado con el fin de alojar la estructura del silencioso. Por esta razón, el tubo de escape representa una parte relativamente grande de la apariencia exterior de toda la motocicleta y, por lo tanto, la forma y el color del tubo de escape tienen un impacto sobre todo el diseño de la motocicleta.

Por estas razones, la forma y el color del tubo de escape son factores importantes en la determinación de todo el diseño de la motocicleta. Por lo tanto, es común construir el tubo de escape en una forma doblada suavemente para presentar una impresión fuerte y voluminosa, o para acabar la superficie del tubo de escape con un color de metal brillante o acabado para un contraste mejorado de las otras partes componentes. También es común acabar la superficie del tubo de escape con un tono de color similar a los de otras partes componentes para obtener una apariencia consistente con las estructuras circundantes.

En general, un tubo de escape está formado de tubos de acero al carbono para fines estructurales de máquinas (STKM), acero inoxidable (SUS), titanio o similar. En el caso de un tubo de escape compuesto de STKM, la superficie del tubo de escape está con frecuencia recubierta con cromo para una estética mejorada.

Sin embargo, el gas de escape que circula a través del tubo de escape, que procede directamente desde el motor de combustión interna, tiene una temperatura alta. Por lo tanto, cuando el gas de escape pasa por el tubo de escape, el tubo de escape alcanza una temperatura alta, como resultado de lo cual se puede decolorar la superficie del tubo recubierta con cromo, se puede oxidar o deteriorar de otra manera. En particular, algunas regiones pueden experimentar decoloración azul-violeta o marrón-rojizo. Además, incluso en el caso de un tubo de escape que ha sido formado de SUS o titanio sin ser recubierto con cromo, la superficie puede estar todavía coloreada azul-violeta o marrón-rojizo debido a alta temperatura, se puede desprender la película de óxido generada y/o se puede producir un cambio de tono de color debido a la formación de película de óxido.

Por lo tanto, debido a la decoloración azul-violeta o marrón-rojiza o al deterioro de la superficie de un tubo de escape que tiene brillo metálico, se plantea el problema de que se degrada la apariencia exterior de todo el diseño de la motocicleta. Este problema se ha vuelto particularmente significativo en los últimos años debido a que se ha mejorado el rendimiento de los motores de combustión interna, dando como resultado un incremento de la temperatura del gas de escape.

Este problema se puede solucionar previniendo que la temperatura de la superficie del tubo de escape llegue a ser demasiado alta, adoptando una estructura cilíndrica de dos o tres capas para el tubo de escape. Sin embargo, incluso utilizando una estructura cilíndrica de dos o tres capas, no se reducirá adecuadamente la temperatura de la superficie del tubo de escape y no se prevendrá completamente la oxidación de la superficie o el deterioro de la superficie debidos al calor. Además, en este caso, existe otro problema en que se incrementan las dimensiones exteriores del tubo de escape.

La decoloración, la oxidación o el deterioro de la superficie del tubo de escape se pueden solucionar cubriendo el tubo de escape con un carenado o un protector, de tal manera que el tubo de escape no se mostrará al exterior. Sin embargo, en este caso, el tubo de escape no contribuye a todo el diseño de la motocicleta, haciendo de esta manera difícil conseguir una calidad de belleza y estética característica deseada de una motocicleta.

Para resolver los problemas descritos anteriormente, el inventor ha propuesto formar una película de óxido de silicio sobre la superficie de un tubo de escape con el fin de prevenir la decoloración del tubo de escape (publicación de patente japonesa N° 2002-332838). Como se describe en la publicación de patente japonesa N° 2002-332838, formando una película de óxido de silicio que tiene un espesor de aproximadamente $0,05\ \mu\text{m}$ o más sobre la superficie de un tubo de escape a través de un procesamiento de sol-gel, es posible obtener un tubo de escape que es poco probable que sufra decoloración, incluso cuando se calienta hasta una temperatura de aproximadamente 400°C .

No obstante, se ha encontrado que un tubo de escape que se obtiene por la técnica descrita en la publicación de patente japonesa N° 2002-332838 puede sufrir decoloraciones drásticas en la superficie debido a la exposición a una temperatura que excede de 400°C . Por lo tanto, no se puede prevenir suficientemente el deterioro en el caso de que se utilice un tubo de escape descrito en la publicación de patente japonesa N° 2002-332838 para un motor de combustión interna de alto rendimiento, en el que es probable que el tubo de escape alcance una temperatura alta, como se ha mencionado anteriormente.

El documento EP 1 617 125 A2 de la técnica anterior describe un tubo de escape para un motor de combustión interna. Sin embargo, esta técnica anterior está comprendida en el estado de la técnica de acuerdo con el Artículo 54(3) EPC y, por lo tanto, no es relevante para la cuestión de una etapa inventiva. Enseña formar una película cerámica que cubre el tubo metálico a través del cual pasa el gas de escape. La película cerámica contiene no más de 0,5% atómico de un elemento metálico que está presente en una medida dominante en una superficie del tubo metálico.

Resumen de la invención

Con el fin de solucionar los problemas descritos anteriormente, las formas de realización preferidas de la presente invención proporcionan un tubo de escape para un motor de combustión interna que puede prevenir la decoloración y la oxidación causadas por gas de escape a alta temperatura.

Un tubo de escape para un motor de combustión interna de acuerdo con una forma de realización de la presente invención es un tubo de escape para un motor de combustión interna, en el que el tubo de escape incluye un tubo de metal que encierra un paso a través del cual pasa un gas de escape desde el motor de combustión interna; y una película cerámica que cubre el tubo de metal desde el exterior, conteniendo la película cerámica no más que aproximadamente 0,5% en masa de un elemento metálico, que está presente en una medida dominante en una superficie del tubo metálico, en el que la película cerámica es una película de SiON que contiene 30% en masa o menos de O y 10% en masa o más de N.

En una forma de realización preferida, la película cerámica tiene aproximadamente 5% en masa o menos de oxígeno y aproximadamente 40% en masa o más de nitrógeno.

En una forma de realización preferida, la película cerámica está dispuesta directamente sobre la superficie del tubo metálico.

En una forma de realización preferida, la película cerámica tiene un espesor en un intervalo no menor que aproximadamente 5 nm y no más que aproximadamente 300 nm.

En una forma de realización preferida, la película cerámica tiene un espesor en un intervalo no menor que aproximadamente 5 nm y no más que aproximadamente 30 nm.

En una forma de realización preferida, el tubo metálico tiene una rugosidad superficial Ra en el intervalo no menor que aproximadamente $0,4\ \mu\text{m}$ y no mayor que aproximadamente $3,2\ \mu\text{m}$.

En una forma de realización preferida, el tubo metálico está compuesto de titanio, una aleación de titanio, o acero inoxidable.

En una forma de realización preferida, el tubo metálico incluye una capa de revestimiento de cromo localizada sobre una superficie del mismo.

En una forma de realización preferida, no está presente substancialmente ninguna película de óxido del elemento metálico que esté presente en una medida dominante en la superficie del tubo metálico entre el tubo metálico y la película cerámica.

En una forma de realización preferida, la película cerámica es una película depositada con vapor formada por una técnica de deposición con vapor.

ES 2 299 128 T3

En una forma de realización preferida, la película cerámica es una película depositada con vapor por una técnica de pulverización catódica o una técnica de galvanizado de iones.

5 En una forma de realización preferida, el tubo metálico tiene una rugosidad superficial mayor que un intervalo de rugosidad superficial, en el que es previsible que se produzca luz difractada para luz visible, y la película cerámica tiene un espesor similar a un intervalo de espesor en el que es previsible que se produzcan flecos de interferencia para luz visible.

10 Un motor de combustión interna de acuerdo con una forma de realización preferida de la presente invención incluye un tubo de escape para un motor de combustión interna que tiene la construcción única descrita anteriormente.

Un aparato de transporte de acuerdo con una forma de realización preferida de la presente invención incluye un motor de combustión interna de la construcción única descrita anteriormente.

15 El tubo de escape para un motor de combustión interna de acuerdo con varias formas de realización preferidas de la presente invención se caracteriza por una película cerámica que contiene no más que aproximadamente 0,5% en masa (es decir, substancialmente nada) de un elemento metálico que está presente en una medida dominante en la superficie del tubo metálico. Por lo tanto, se previenen la decoloración del tubo de escape y el deterioro debidos a oxidación de tal elemento metálico a una alta temperatura. Como resultado, se previene la decoloración del tubo de escape causada por 20 un gas de escape a alta temperatura, de manera que se puede mantener una buena apariencia exterior. Además, puesto que esta película cerámica es una película de SiON que contiene aproximadamente 30% en masa o menos de oxígeno y aproximadamente 10% en masa o más de nitrógeno, se proporcionan altos efectos de prevención de decoloración y deterioro del tubo de escape.

25 Otras características, elementos, procesos, etapas, características y ventajas de la presente invención serán más evidente a partir de la siguiente descripción detallada de forma de realización preferidas de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

30 La figura 1 es una vista lateral que muestra una motocicleta, en la que se utiliza con preferencia un tubo de escape para un motor de combustión interna de acuerdo con una forma de realización preferida de la presente invención.

35 La figura 2 es una vista de la sección transversalmente de un tubo de escape para un motor de combustión interna de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

40 Las figuras 3A y 3B son una vista de la sección transversal lateral y una vista de la sección transversal superior, respectivamente, que muestra de forma esquemática la estructura de un aparato de pulverización catódica utilizado para la producción del tubo de escape para un motor de combustión interna de acuerdo con una forma de realización preferida de la presente invención.

La figura 4 es una ilustración estructural esquemática alrededor de la superficie del tubo de escape para un motor de combustión interna de acuerdo con una forma de realización preferida de la presente invención.

45 Las figuras 5A y 5B son grafos que muestran cada uno de ellos distribuciones de elementos a lo largo de la dirección de la profundidad de un tubo de escape para un motor de combustión interna de acuerdo con una forma de realización preferida de la presente invención, donde la distribución se obtiene a través de un análisis GDS.

50 Las figuras 6A y 6B son grafos que muestran cada uno de ellos distribuciones de elementos a lo largo de la dirección de la profundidad de un tubo de escape convencional para un motor de combustión interna, donde la distribución se obtiene a través de un análisis GDS.

55 La figura 7 es un grafo que muestra distribuciones de elementos a lo largo de la dirección de la profundidad de una película de galvanizado de cromo, donde la distribución se obtiene a través de un análisis XPS.

60 Las figuras 8A y 8B son grafos que muestran cada uno de ellos distribuciones de elementos a lo largo de la dirección de la profundidad de un tubo de escape convencional para un motor de combustión interna, donde la distribución se obtiene a través de un análisis XPS, y un grafo que muestra la energía de unión de cromo tomada en dos puntos mostrados en la figura 8A.

La figura 9 es un diagrama para explicar la distribución de una película cerámica en el tubo de escape para un motor de combustión interna de acuerdo con una forma de realización preferida de la presente invención.

65 La figura 10 es un grafo que muestra una relación entre una relación de caudal de flujo de un gas que se introduce en una cámara y la composición química de una película de SiON.

La figura 11 es un grafo que muestra una relación entre la concentración de gas nitrógeno, la concentración de gas oxígeno y la diferencia de color ΔE° .

La figura 12 es un grafo que muestra una relación entre un contenido porcentual de oxígeno de una película de SiON y la diferencia de color ΔE^* .

La figura 13 es un grafo que muestra una relación entre un contenido porcentual de nitrógeno de una película de SiON y la diferencia de color ΔE^* .

La figura 14 es una vista lateral que muestra la apariencia exterior de una motocicleta.

Descripción detallada de formas de realización preferidas

A continuación, se describirán formas de realización preferidas de la invención con referencia a los dibujos que se acompañan.

El inventor ha realizado un estudio en profundidad de las razones por las que no se puede prevenir en una medida suficiente la oxidación y/o decoloración a alta temperatura sobre la superficie de un tubo de escape con una película de óxido de silicio que se ha formado a través de un proceso de sol-gel. Como resultado del estudio, se ha encontrado que una película de óxido de silicio obtenida a través de un proceso de sol-gel contiene un elemento metálico que está presente en una medida predominante en la superficie del tubo de escape, y que la oxidación del metal a una temperatura alta provoca decoloración o deterioro de la superficie del tubo de escape.

Además, en un proceso de sol-gel, los compuestos orgánicos que se ligan al silicio pueden estar sujetos a vaporización y descomposición durante la cocción. Por lo tanto, se pueden producir huecos diminutos en la película de óxido de silicio resultante, dando como resultado de esta manera una capacidad de protección baja contra gas. Por lo tanto, si el tubo de escape está expuesto a una temperatura alta, presumiblemente, los metales en la superficie del tubo de escape se pueden difundir en la película de óxido de silicio y se pueden oxidar al ligarse con oxígeno externo, o el oxígeno puede permear a través de la película de óxido de silicio para provocar la oxidación de los metales de la superficie del tubo de escape. Por lo tanto, en el caso de que estén contenidos metales en la película de óxido de silicio o se hayan producido huecos diminutos en la película de óxido de silicio, el hierro contenido dentro de los metales que componen el tubo de escape puede formar un depósito de óxido marrón-rojizo sobre la superficie, degradando de esta manera la apariencia exterior del tubo de escape.

Una película cerámica de un tubo de escape de acuerdo con varias formas de realización preferidas de la presente invención está formada de tal manera que el contenido porcentual de un elemento metálico, que está presente de una manera dominante en la superficie del tubo metálico (es decir, el elemento metálico que compone substancialmente la superficie del tubo de metal) es no mayor que 0,5% en masa. Por lo tanto, se puede decir que la película cerámica no contiene substancialmente ningún elemento dominante de la superficie de tubo metálico. Como resultado, se previenen la decoloración, oxidación y deterioro de la superficie del tubo metálico, como se describirá más adelante.

Entre tales películas cerámicas, el inventor ha realizados varios estudios prestando una atención especial a las películas de nitrato de óxido de silicio (SiON), encontrando de esta manera que se pueden mejorar en gran medida los efectos de prevención de la decoloración prescribiendo que el contenido porcentual de oxígeno y el contenido porcentual de nitrógeno en la película de SiON esté dentro de rangos específicos. Específicamente, este efecto inesperado se obtiene prescribiendo que el contenido porcentual de oxígeno y el contenido porcentual de nitrógeno en la película de SiON sea 30% en masa o menos y 10% en masa o más, respectivamente, como se describirá más adelante.

Además, el inventor ha encontrado que técnicas de deposición de vapor, tales como técnicas de pulverización catódica y técnicas de galvanizado iónico, son particularmente adecuadas para formar una película cerámica (película de SiON) que proporciona efectos excelentes de prevención de la decoloración, como se ha descrito anteriormente. Convencionalmente, la formación de película fina utilizando una técnica de deposición de vapor, tal como una técnica de pulverización catódica ha sido practicada para objetos a pequeña escala, tales como dispositivos de semiconductores, pero no se ha practicado industrialmente para objetos a gran escala, tales como tubos de escape debido a las dificultades en la consecución de un cierto grado de vacío dentro del aparato de deposición de vapor. Aparte de tal conocimiento tecnológico común, el inventor ha adquirido el conocimiento descrito anteriormente a través de su propia investigación intensiva.

A continuación, se describirán varias formas de realización de la presente invención con referencia a los dibujos.

La figura 1 muestra una motocicleta 100, en la que se utiliza un tubo de escape para un motor de combustión interna de acuerdo con una forma de realización preferida de la presente invención (que se puede referir en adelante simplemente también como un "tubo de escape"). La motocicleta 100 incluye un motor de combustión interna 1 y un tubo de escape 2, que está conectado al motor de combustión interna 1.

El tubo de escape 2 está previsto para permitir que el gas de escape, que es generado en el motor de combustión interna 1, sea descargado en el lado trasero del cuerpo. El tubo de escape 2 incluye una porción doblada 2a, que constituye una trayectoria de escape substancialmente curvada para permitir que el gas de escape que ha sido descargado por el lado delantero del motor de combustión interna 1 sea guiado hacia la parte trasera, y un silencioso 2b. El tubo de escape 2 puede estar formado integralmente de una sola parte, o compuesto de una pluralidad de partes, que están conectadas o realizadas integralmente entre sí.

ES 2 299 128 T3

En la presente forma de realización preferida, el tubo de escape 2 está expuesto con preferencia totalmente para que aparezca sobre el exterior de la motocicleta 100, constituyendo de esta manera una parte del diseño general de la motocicleta 100. Como se describe de forma específica a continuación, los efectos y ventajas únicas de las formas de realización preferidas de la presente invención, es decir, que se previene la decoloración del tubo de escape 2 y se mantiene la apariencia exterior fresca de una motocicleta de nueva marca durante periodos de tiempo prolongados, se mejoran más claramente en el caso de que se exponga todo el tubo de escape 1. Sin embargo, mientras el tubo de escape 2 aparece al menos parcialmente sobre el exterior, otra porción del tubo de escape 2 puede estar cubierta por un carenado o un protector, en función del diseño de la motocicleta. Además, la forma de la motocicleta para la que está adaptado el tubo de escape para un motor de combustión interna de acuerdo con formas de realización preferidas de la presente invención, no está limitada a la mostrada en la figura 1. Por ejemplo, el tubo de escape de acuerdo con una forma de realización preferida de la presente invención se puede adoptar en una motocicleta que tiene una estructura, como se muestra en la figura 14.

La figura 2 es una vista de la sección transversal que muestra una porción (porción 2a) del tubo de escape 2. El tubo de escape 2 incluye un tubo metálico 5 que incluye un paso 6 a través del cual se permite el paso del gas de escape, y una película cerámica 10 que cubre el tubo metálico 5 desde el exterior. Dicho de otra manera, el gas de escape circula dentro del tubo metálico 5, y la película cerámica 10 está prevista sobre el lado exterior del tubo metálico 5.

Hay que indicar que el tubo metálico 5 solamente tiene que incluir el paso 6. Por lo tanto, se puede adoptar una estructura de doble tubo, de tal manera que un tubo interior que incluye directamente el paso 6 está rodeado por otro tubo sobre el lado exterior. Sin embargo, los efectos y ventajas de la presente invención se mejorarán más en el caso de una estructura de un solo tubo que encierra directamente el paso 6, debido a que es probable que la temperatura alcance niveles altos sobre el lado exterior del tubo metálico 5. Además, la película cerámica 10 solamente tiene que estar prevista en una región en la que se espera la prevención de la oxidación, para cubrir el tubo metálico 5 desde el exterior con el fin de prevenir que el tubo metálico 5 entre en contacto con el aire (por ejemplo, oxígeno). Otra película o capa se puede formar adicionalmente entre el tubo metálico 5 y la película cerámica 10, y otra película puede cubrir la película cerámica 10 desde el exterior.

El tubo metálico 5 está compuesto de tubos de acero al carbono para fines de estructuras de máquinas (STKM), acero inoxidable (SUS), titanio, una aleación de titanio, una aleación de níquel, una aleación de aluminio, u otro material adecuado. Para mejorar el brillo metálico y la estética de la superficie, la superficie del tubo metálico 5 puede estar cromada para formar una capa de galvanizado (por ejemplo, galvanizado de cromo) encima. Puesto que STKM no tiene brillo metálico suficiente para proporcionar un alto nivel de estética, cuando se utiliza un tubo metálico 5 compuesto de STKM, es preferible que la superficie del tubo metálico sea cromada, o sea galvanizada con níquel y cromo. Además, en el caso de utilización de un tubo metálico 5 compuesto de SUS, su superficie puede haber sido sometida a pulido electrolítico.

La película cerámica 10 está compuesta con preferencia de un material amorfo, que es de textura densa y es poco probable que se oxide o se descomponga incluso a alta temperatura. Hay que indicar que cuando se utiliza en la presente memoria descriptiva, el término “cerámica” significa en sentido amplio un material sólido, tal como un óxido, nitruro, o óxido de nitruro de un metal o de un no metal. El término “cerámica” comprende no sólo aquellos materiales que se forman por una técnica que implica una etapa de cocción (como se ha practicado tradicionalmente), sino también aquellos materiales que se forman por una técnica de deposición de vapor, como se describirá específicamente a continuación.

La película cerámica 10 de acuerdo con la presente forma de realización preferida contiene con preferencia no más que aproximadamente 0,5% en masa de un metal que es presente de una manera dominante (típicamente a una relación de aproximadamente 50% o más) en la superficie del tubo metálico 5. Si está contenido más que aproximadamente 0,05% en masa del elemento dominante de la superficie del tubo metálico 5 en la película cerámica del tubo metálico 5 en la película cerámica 10, este elemento metálico se puede oxidar desde la superficie de la película cerámica 10 debido a alta temperatura, causando posiblemente decoloración de la superficie del tubo de escape 2. Además, también es posible que la oxidación pueda progresar desde el metal oxidado hasta el interior del tubo metálico 5. Por otra parte, en la película cerámica 10 de acuerdo con la presente forma de realización preferida, el contenido porcentual del elemento dominante de la superficie del tubo metálico 5 es con preferencia aproximadamente 0,5% en masa o menos, de manera que se previenen la decoloración y la oxidación debidas a calor a alta temperatura. Cuando se tiene en cuenta la apariencia exterior del tubo de escape 2, en el caso de que se oxide el metal contenido en la película cerámica 10, el contenido porcentual del elemento dominante de la superficie del tubo metálico es con preferencia aproximadamente 0,4% en masa o menos, y de una manera más preferida aproximadamente 0,3% en masa o menos.

Hay que indicar que el contenido porcentual del elemento dominante de la superficie del tubo metálico 5 puede tener fluctuaciones locales dentro de la película cerámica 10. Sin embargo, es todavía preferible que el contenido porcentual sea aproximadamente 0,5% en masa o menos al menos en una porción central de la película cerámica 10 a lo largo de la dirección del espesor. Además, es preferible que el contenido porcentual del elemento dominante de la superficie de tubo de metal 5 sea aproximadamente 0,5% en masa o menos en una porción que excluye la zona cerca de la superficie interior (es decir, más cerca del tubo metálico 5) de la película cerámica 10 y la zona cerca de la superficie exterior. Suponiendo que la zona cerca de la superficie interior y la zona cerca de la superficie exterior representan cada una de ellas aproximadamente un 10% del espesor total de la película cerámica 10, tal porción correspondería aproximadamente al 80% de toda la película cerámica 10.

Para asegurar que el contenido porcentual del elemento dominante de la superficie del tubo metálico 5 es aproximadamente 0,5% en masa o menos, cuando se forma la película cerámica 10 sobre el lado exterior del tubo metálico 5, se utiliza con preferencia un método que no permite que el elemento dominante de la superficie del tubo metálico 5 se difunda en la película cerámica 10. El inventor ha encontrado a través de varios estudios que cuando se utiliza una técnica de deposición de vapor para formar la película cerámica 10, es poco probable que el elemento dominante de la superficie del tubo metálico 5 se difunda en la película cerámica 10. Se ha encontrado también que una película cerámica que se forma por una técnica de deposición de vapor es de textura densa y, por lo tanto, tiene una alta capacidad de protección contra gases a una temperatura de aproximadamente 500°C, previniendo de esta manera la oxidación de la superficie del tubo metálico 5.

En la presente memoria descriptiva, una “técnica de deposición de vapor” se refiere a una técnica CVD (deposición de vapor químico) y a una técnica PVD (deposición de vapor físico), pero ambas permiten depositar la materia en un estado gaseoso. Entre las técnicas de deposición de vapor, es más preferible utilizar una técnica de deposición de vapor físico. Puesto que una película que se forma por una técnica de galvanizado iónico o una técnica de pulverización catódica es generalmente de estructura densa, es particularmente preferible que la película cerámica 10 se forme por una técnica de galvanizado iónico o una técnica de pulverización catódica.

En el caso de adopción de una técnica de pulverización catódica, es posible utilizar un aparato de pulverización catódica DC, un aparato de pulverización catódica de RF, un aparato de pulverización de magnetrones, un aparato de pulverización de haz de iones, y otro aparato de pulverización catódica adecuado. En el caso de que se utilice cualquiera de estos métodos, se permite que las partículas de plasma colisionen contra la superficie del tubo metálico 5 sobre la que debe depositarse la película cerámica 10, decapando de esta manera la superficie del tubo metálico 5. Utilizando este efecto, se puede retirar la película de óxido (si existe) que se produce naturalmente sobre la superficie del tubo metálico 5, mejorando de esta manera el contacto entre la película cerámica 10 y el tubo metálico 5. En otras palabras, es preferible que no se forme substancialmente ninguna película de óxido del elemento metálico, que está presente de forma predominante en la superficie del tubo metálico 5 entre la película cerámica 10 y el tubo metálico 5. Incluso en el caso de que se forme la película cerámica 10 por un método de deposición que no utiliza plasma, sería preferible eliminar la película de óxido que se produce naturalmente sobre la superficie del tubo de metal 5 por un método físico o químico, antes de formar la película cerámica 10.

Una película cerámica 10, que se forma por una técnica de deposición de vapor es básicamente una película amorfa, y permanecerá amorfa incluso cuando se caliente a una alta temperatura durante el funcionamiento del motor. Cuando se utiliza aquí, una “película amorfa” es una película que carece de estructura periódica larga que se puede observar como picos de difracción por una técnica de difracción de rayos-X. En función de las condiciones de formación, la película resultante se puede cristalizar parcialmente cuando se calienta, pero esto no planteará ningún problema en términos de capacidad de protección contra gases.

Específicamente, la película cerámica 10 de acuerdo con la presente forma de realización preferida es una película de nitruro de óxido de silicio (SiON) que no contiene más que aproximadamente 30% en masa de oxígeno (O) y no menos que aproximadamente 10% en masa de nitrógeno (N). El inventor ha prestado una atención especial a las películas de SiON entre otras películas cerámicas y ha estudiado sus características desde varios puntos de vista. Como resultado, el inventor ha encontrado que se mejora drásticamente el efecto de prevención de la decoloración de una película de SiON prescribiendo que los contenidos porcentuales de oxígeno y nitrógeno en la película de SiON estén dentro de los intervalos mencionados anteriormente, alcanzando de esta manera varias formas de realización preferidas de la presente invención. Los resultados del estudio de la relación entre los contenidos porcentuales de oxígeno y nitrógeno y el efecto de prevención de la decoloración se describirán específicamente a continuación. Antes de eso, se describirá en primer lugar un método para la producción del tubo de escape 2. A continuación, se describirá un ejemplo de formación de la película cerámica 10 por una técnica de pulverización catódica.

En primer lugar, se prepara un tubo metálico 5. En el caso de que se utilice STKM como un material del tubo metálico 5, es preferible realizar un cromato sobre la superficie del tubo metálico 5 con el fin de mejorar el brillo metálico y la estética.

A continuación, como se muestra en las figuras 3A y 3B, se introduce el tubo metálico 5 en una cámara 21 de un aparato de pulverización catódica 20. El aparato de pulverización catódica 20 ilustrado en las figuras 3A y 3B incluye una pluralidad de soportes 24, cada uno de los cuales es capaz de retener y suspender dos tubos metálicos 5 uno encima del otro, haciendo posible de esta manera formar películas cerámicas 10 sobre una multitud de tubos metálicos 5 simultáneamente. Cada soporte 24 gira dentro de la cámara 21 mientras gira alrededor de un eje de pivote 23. Una pluralidad de objetivos 22 están previstos fuera de la órbita a lo largo de la cual giran los soportes 24. En la presente forma de realización preferida, en la que debe formarse una película de nitruro de óxido como la película cerámica 10, se utilizan con preferencia objetivos de silicio (o nitruro de silicio) 22. La cámara 21 tiene con preferencia un diámetro interior de $\varnothing$ 1, por ejemplo, de aproximadamente 1200 mm. Una región efectiva (es decir, una región en la que tiene lugar una formación de película real) puede ser un espacio cilíndrico definido por un diámetro $\varnothing$ 2 de aproximadamente 1080 mm y una altura de aproximadamente 1800 mm, por ejemplo. Utilizando el aparato de pulverización catódica 20 que tiene una estructura de este tipo, resulta posible formar la película cerámica 10 con un espesor uniforme, totalmente alrededor del lado exterior de cada tubo metálico 5, que tiene una forma tridimensional. También es posible procesar muchos tubos metálicos 5 en un solo lote.

El tubo metálico 5 está colocado en cada soporte 24, entonces se evacua la cámara 21 utilizando una bomba (no se muestra). Una vez que el interior de la cámara 21 alcanza un grado predeterminado de vacío, se introduce argón en la cámara 21 y entonces se inicia una descarga eléctrica. Mientras se permite que los soportes 24 giren alrededor de una órbita, se aplica una tensión de polarización de tal manera que las partículas de plasma generadas por la descarga eléctrica colisionan con cada tubo metálico 5 y la superficie de cada tubo metálico 5 es decapada por pulverización catódica inversa. La pulverización catódica inversa se realiza preferentemente hasta que se ha eliminado completamente la película de óxido que se produce naturalmente que está presente sobre la superficie del tubo metálico 5. Tal película de óxido que se produce naturalmente tiene generalmente un espesor en el intervalo desde aproximadamente 2 nm hasta aproximadamente 3 nm. Eliminando la película de óxido que se produce naturalmente, se puede reforzar el contacto entre el tubo metálico 5 y la película cerámica 10.

Después de la eliminación de la película de óxido que se produce naturalmente, se introducen gas nitrógeno y gas oxígeno en la cámara 21 y se inicia la descarga eléctrica. Se aplica una tensión de polarización de tal manera que las partículas de plasma colisionarán contra los objetivos, de manera que se inicia la deposición de la película cerámica 10. En la presente forma de realización preferida, las partículas de silicio que han sido emitidas desde los objetivos reaccionan con plasma de nitrógeno y plasma de oxígeno y se depositan sobre la superficie del tubo metálico 4 en forma de una película de nitruro de óxido de silicio. El tiempo de deposición debe determinarse de acuerdo con el espesor pretendido de la película cerámica a formar, prestando atención al mismo tiempo a condiciones tales como el número de objetivos y la presión y la tensión de polarización durante la reacción. La pulverización catódica se realiza durante un periodo de tiempo predeterminado para formar la película cerámica 10 para tener un espesor predeterminado sobre el lado exterior del tubo metálico 5, de manera que se obtiene el tubo de escape 2.

La película cerámica 10 que se ha formado de esta manera contiene no más que aproximadamente 0,5% en masa de un elemento metálico que está presente en una medida predominante en la superficie del tubo metálico 5. Se puede decir que la película cerámica 10 no contiene substancialmente ningún metal dominante de la superficie del tubo metálico 5. Por lo tanto, se previenen la decoloración del tubo de escape 5 y el deterioro de la superficie causados por oxidación de tal elemento metálico a una alta temperatura. Como resultado, se previene la decoloración del tubo de escape 5 causada por un gas de escape a alta temperatura, de manera que se puede mantener una buena apariencia exterior. La película cerámica 10 que se ha formado por una técnica de deposición de vapor es de textura densa y, por lo tanto, tiene una buena capacidad de protección. Por consiguiente, se previene que el oxígeno externo alcance el tubo metálico 5 y se previene efectivamente que el hierro que está contenido en el tubo metálico 5 se oxide para depositarse sobre la superficie.

El espesor de la película cerámica 10 es con preferencia no menor que aproximadamente 5 nm y no mayor que aproximadamente 300 nm. Si la película cerámica es más fina que aproximadamente 5 nm, es difícil obtener una capacidad suficiente de protección de gases y, por lo tanto, es difícil la prevención completa de oxidación y decoloración de la superficie del tubo de metal 5. Además, es difícil formar una película cerámica 10 que cubre uniformemente el tubo metálico 5. Por otra parte, si la película cerámica 10 es más gruesa que aproximadamente 300 nm, se incrementa la cantidad de tiempo requerido para formar la película cerámica 10 para reducir la producibilidad, lo que no es preferible. Además, si la película cerámica 10 es más gruesa que aproximadamente 300 nm o si la película cerámica 10 no tiene un espesor completamente uniforme es probable que se observen colores de interferencia, tales como colores iridiscentes, reduciendo de esta manera la estética de la apariencia exterior. Desde el punto de vista de la producibilidad de la película cerámica 10, el espesor de la película cerámica 10 es con preferencia aproximadamente 50 nm o menos, y de una manera más preferida aproximadamente 40 nm o menos. Si el espesor de la película cerámica 10 está en el intervalo entre aproximadamente 5 nm y aproximadamente 30 nm, se puede obtener una película cerámica 10 que está libre de colores de interferencia y es incolora y transparente, independientemente del material y de la magnitud del índice de refracción.

Como se muestra en la figura 4, la superficie del tubo metálico 5 tiene con preferencia una rugosidad superficial grande con relación al espesor de la película cerámica 10. Específicamente, la superficie del tubo metálico 5 tiene con preferencia una rugosidad media Ra de aproximadamente $0,4\ \mu\text{m}$ o más. Si la rugosidad media es menor que aproximadamente $0,4\ \mu\text{m}$, cuando se refleja luz visible desde la superficie del tubo metálico 5, se puede producir intensificación mutua si la diferencia de la trayectoria óptica entre frentes de ondas reflejadas desde muescas adjuntas es igual a un múltiplo entero de la longitud de onda, provocando de esta manera luz difractada. Si esto sucede, se puede degradar la apariencia exterior estética del tubo de escape 2. Además, si la rugosidad media es tan pequeña que la superficie del tubo metálico 5 es lisa, la película cerámica 10 puede tener un contacto pobre con la superficie del tubo metálico 5. No existe ningún límite superior para el valor de la rugosidad media Ra de la superficie del tubo metálico 5. Sin embargo, si la rugosidad media Ra de la superficie del tubo metálico 5 es aproximadamente $3,2\ \mu\text{m}$ o más, se pueden ver afectadas la capacidad comercial y la estética de una manera no deseable debido a la baja reflexión de la luz.

Por lo tanto, sobre la superficie de un tubo metálico que tiene una rugosidad superficial que es mayor que un rango de rugosidad superficial, en el que es previsible que se produzca luz difractada para luz visible, se forma una película cerámica y tiene un espesor que es menor que un rango de espesor en el que es previsible que se produzcan flecos de interferencia para luz visible. Como resultado, se obtiene un tubo de escape que tiene un brillo metálico uniforme, de tal manera que si un gas de escape a alta temperatura pasa a través del mismo, no se produce oxidación o decoloración de la superficie y se obtiene buen contacto evitando al mismo tiempo los flecos de interferencia.

Análisis y ejemplos experimentales

En primer lugar, con respecto a los tubos de escape de acuerdo con formas de realización preferidas de la presente invención y a un tubo de escape como se describe en la publicación de patente japonesa Nº 2002-332838, mencionada anteriormente, se ha examinado la distribución de elementos a lo largo de una dirección de profundidad. Como un ejemplo del tubo de escape de acuerdo con una forma de realización preferida de la presente invención (figuras 5A y 5B), se preparó un tubo metálico compuesto de SUS304 y sobre este tubo metálico se formó una película de nitrato de óxido de silicio (como una película cerámica) utilizando una técnica de pulverización catódica. La formación de la película de nitrato de óxido de silicio se realizó de la siguiente manera. El tubo metálico (que había sido sometido a galvanizado de cromo) se colocó en una cámara de un aparato de pulverización de magnetrones, y se evacuó la cámara hasta que alcanzó un grado de vacío de aproximadamente 3×10^{-3} Pa. Posteriormente, se introdujo argón en la cámara con un caudal de aproximadamente 100 sccm. Manteniendo al mismo tiempo una presión de aproximadamente 3×10^{-1} Pa, se realizó una pulverización inversa durante aproximadamente 10 minutos suministrando potencia a 800 V y 5 A (4 KW), eliminando de esta manera la película de óxido que se produce naturalmente sobre la superficie de tubo de metal. Posteriormente se introdujeron nitrógeno y oxígeno en la cámara y utilizando un objetivo de silicio se realizó una pulverización catódica durante aproximadamente 5 minutos suministrando potencia a 800 V y 5 A (4 KW), manteniendo al mismo tiempo una presión de aproximadamente 3×10^{-1} Pa, formando de esta manera una película de nitrato de óxido de silicio que tiene un espesor de aproximadamente 40 nm sobre la superficie de tubo de metal.

Como un ejemplo convencional (figuras 6A y 6B), se preparó un tubo metálico compuesto de STKM, cuya superficie había sido sometida a galvanizado de níquel (revestimiento inferior) y galvanizado de cromo (revestimiento superior), y se formó encima una película de óxido de silicio (como una película cerámica) a través de un proceso de sol-gel. Con respecto a los tubos de escape de acuerdo con una forma de realización preferida de la presente invención y al tubo de escape convencional obtenido de esta manera, se midió la distribución de elementos a lo largo de la dirección de profundidad utilizando una técnica GDS (espectroscopia de descarga de brillo).

La figura 5A muestra distribuciones de elementos a lo largo de la dirección de profundidad de un tubo de escape de acuerdo con una forma de realización preferida de la presente invención. La figura 5B es un diagrama ampliado que muestra distribuciones de elementos en la zona próxima a la superficie en la figura 5A. Como está claro a partir de estas figuras, de acuerdo con el tubo de escape acorde con una forma de realización preferida de la presente invención, el hierro, que es un elemento dominante de la superficie del tubo metálico, apenas está contenido en la película de nitrato de óxido de silicio (película cerámica). Específicamente, la concentración de elementos de hierro en la película de nitrato de óxido de silicio comienza en aproximadamente 0,5% o menos, como se muestra en la figura 5B y se incrementa rápidamente en el límite entre la película de nitrato de óxido de silicio y el tubo metálico.

La figura 6A muestra distribuciones de elementos a lo largo de la dirección de profundidad del tubo de escape convencional. La figura 6B es un diagrama ampliado que muestra distribuciones de elementos en la zona próxima a la superficie en la figura 6A. Como está claro a partir de estas figuras, en el tubo de escape convencional, el cromo, que es un elemento dominante de la superficie del tubo metálico, está contenido en una cantidad relativamente grande en la película de óxido de silicio, que ha sido formada a través de proceso de sol-gel. Específicamente, la concentración de elementos de cromo en la película de óxido de silicio es aproximadamente 4% en masa. En el límite entre la película de óxido de silicio y el galvanizado de cromo, se incrementa más bien lentamente la concentración de cromo. El perfil de la concentración de oxígeno muestra en, comparación con el silicio, el oxígeno penetra profundamente en el interior del tubo de escape y con una tasa alta. Esto indica presumiblemente que se ha difundido cromo en la película de óxido de silicio que se ha formado a través de proceso de sol-gel, y oxígeno que es ligado al cromo (es decir, óxido de cromo) está presente en el límite entre la película de óxido de silicio y el galvanizado de cromo.

Con el fin de examinar el estado del límite entre la película de óxido de silicio y el galvanizado de cromo en el tubo de escape convencional, se midieron, además, por una técnica XPS (espectroscopia de fotoelectrones de rayos-X). En primer lugar, para examinar el espesor de la película de óxido que se produce naturalmente sobre el galvanizado de cromo, se produjo una muestra galvanizada de cromo, y se examinaron las concentraciones de cromo a lo largo de la dirección de su profundidad por una técnica XPS. Como se muestra en la figura 7, la película de óxido de cromo que se produce naturalmente tenía un espesor que sería equivalente aproximadamente a 5 minutos de tiempo de pulverización catódica.

La figura 8A muestra distribuciones de elementos a lo largo de la dirección de la profundidad del tubo de escape convencional como se mide por una técnica XPS. Como está claro a partir de la figura, la concentración de oxígeno (O1s), que permanece constante dentro de la película de óxido de silicio, se reduce en dos etapas en la interfaz con el galvanizado de cromo, como se muestra en círculo por líneas discontinuas C1 y C2. La reducción (C2) más próxima a la interfaz con el galvanizado de cromo sería equivalente aproximadamente a 5 minutos de tiempo de pulverización catódica y, por lo tanto, se considera que representa el oxígeno contenido en la película de óxido de cromo que se produce naturalmente.

Por otra parte, para examinar el estado de cromo en una región en la que se produce la reducción C1 en la concentración de oxígeno, se midió la energía de unión de electrones de cromo de valencia 2p en tiempos de pulverización catódica T1 y T2. Los resultados de la medición se muestran en la figura 8B. En el instante de pulverización T2, los elementos distintos a cromo están substancialmente ausentes y, por lo tanto, es presumible que solamente existe cromo en la profundidad indicada por el tiempo de pulverización catódica T2. Por lo tanto, el perfil T2 en la figura

8B representa la energía de unión entre átomos de cromo (unión metálica). Por otra parte, el perfil T1 está desviado hacia el lado de energía más alta, indicando de esta manera cromo en un estado oxidado. Se considera que este óxido de cromo ha sido generado cuando se forma la película de óxido de silicio a través de un proceso de sol-gel.

Por lo tanto, se ha mostrado que, en comparación con el tubo de escape convencional, el tubo de escape 2 de acuerdo con una forma de realización preferida de la presente invención se caracteriza porque un elemento metálico, que está presente de una manera dominante en la superficie del tubo metálico 5, está substancialmente ausente (es decir, aproximadamente 0,5% en masa o menos) de la película cerámica 10.

La figura 9 es un diagrama esquemático que muestra una distribución ejemplar del espesor de la película en un tubo de escape que está formado por el método descrito anteriormente. Un valor porcentual en cada cabeza de flecha en la figura 9 representa una relación de espesor obtenido actualmente con respecto a un valor objetivo. Como está claro a partir de la figura, es posible formar la película cerámica 10 dentro de fluctuaciones de aproximadamente $\pm 30\%$, incluso si el tubo de escape tiene una forma tridimensionado doblada complicada. Por lo tanto, se puede ver que una técnica de deposición de vapor físico es capaz de formar una película cerámica uniforme 10.

El ejemplo convencional descrito anteriormente se refiere a una película de óxido de silicio que ha sido formada a través de un proceso de sol-gel. No obstante, hay que indicar que cualquier película de óxido de metal formada por una técnica que ha sido utilizada convencionalmente para revestir un tubo de escape (por ejemplo, una técnica de aplicar una solución que contiene un compuesto metálico sobre una superficie de tubo de escape a través de aplicación o inmersión, seguida por una cocción) mostraría también una densidad pobre, lo mismo que una película de óxido de silicio formada a través de un proceso de sol-gel. Por ejemplo, en el caso de que la solución de compuesto metálico contenga un compuesto orgánico, se producirá vaporización y descomposición del compuesto orgánico ligado a un metal durante la cocción, permitiendo de esta manera que se formen huecos diminutos y se vuelva la película porosa. Además, puesto que tal técnica oxida (a través de la cocción) un metal que está contenido en una película que ha sido formada una vez, se reduce la densidad de la película a través de oxidación, y la oxidación continuará progresando durante el uso siguiente.

A continuación, con el fin de estudiar la relación entre los contenidos porcentuales de nitrógeno y de oxígeno en una película de nitrato de óxido de silicio (película de SiON) y sus efectos de prevención de la decoloración, se formaron películas de SiON sobre la superficie del tubo metálico 5 en varias condiciones y se sometieron a un ensayo de calentamiento a alta temperatura. El contenido porcentual de nitrógeno y el contenido porcentual de oxígeno en la película de SiON se variaron ajustando la relación de caudal entre gas nitrógeno y gas oxígeno introducidos en la cámara 21 del aparato de pulverización catódica 20. Se utilizó un tubo metálico 5 que había sido compuesto de SUS304. El ensayo de calentamiento a alta temperatura se realizó dejando el tubo de escape 2 en la atmósfera a 500°C durante 24 horas, y examinando la decoloración de la superficie del tubo de escape 2. Los resultados se muestran en la Tabla 1 siguiente.

Como para las evaluaciones térmicas, se midió una diferencia de color ΔE^* en el sistema de color $L^*a^*b^*$, y se evaluaron cuatro grados de decoloración: la diferencia ΔE^* antes y después del calentamiento era 1 o menos ((O)); más de 1, pero 2 o menos (O); más de 2, pero 3 o menos (Δ); y más de 3 (X). La Tabla 1 muestra la composición química de cada película de SiON resultante. La relación entre la composición química y la relación de caudal se muestra en la figura 10. Como se muestra en la figura 10, a medida que se incrementa la proporción de gas nitrógeno, se incrementa el contenido porcentual de nitrógeno en la película de SiON y se reduce el contenido porcentual de oxígeno.

(Tabla pasa a página siguiente)

ES 2 299 128 T3

TABLA 1

	Composición química de la película					Resultados de la evaluación	
	(% en masa)						
Relación de caudal de gas	Si	O	N	Otros	Total	Eval. Calor	Difer. Color ΔE^*
N ₂ :O ₂ = 100:0	39,8	1,2	59,0	0	100,0	(0)	0,29
N ₂ :O ₂ = 99,9:0,1	40,7	4,4	54,9	0	100,0	(0)	0,75
N ₂ :O ₂ = 99:1	63,3	5,0	28,7	3,0	100,0	(0)	0,89
N ₂ :O ₂ = 95:5	58,9	11,7	24,2	5,1	100,0	(0)	0,90
N ₂ :O ₂ = 90:10	61,5	21,5	12,0	5,0	100,0	(0)	0,97
N ₂ :O ₂ = 85:15	53,7	38,0	3,4	4,9	100,0	X	15,4
N ₂ :O ₂ = 75:25	61,0	33,0	1,0	5,0	100,0	X	17,3
N ₂ :O ₂ = 50:50	57,3	33,3	1,8	7,6	100,0	X	16,7
N ₂ :O ₂ = 95:05	56,3	33,2	1,0	9,5	100,0	X	19,2

Se puede ver a partir de la Tabla 1 que a medida que se incrementa la proporción de gas nitrógeno, es decir, a medida que se incrementa el contenido porcentual de nitrógeno y se reduce el contenido porcentual de oxígeno en la película de nitrato de óxido de silicio, existe menos oxidación superficial y decoloración a altas temperaturas, de manera que se mantiene una buena apariencia exterior. Específicamente, como se puede ver a partir de la Tabla 1 y de la figura 10, se puede obtener un buen efecto de prevención de la oxidación y se previenen la decoloración y el deterioro de la superficie del tubo de escape 2 cuando el contenido porcentual de nitrógeno es 10% en masa o más y el contenido porcentual de oxígeno es 30% en masa o menos.

Ahora, si se presta atención a la diferencia de color ΔE^* en la Tabla 1, se puede ver que la diferencia de color ΔE^* se incrementa drásticamente una vez que el contenido porcentual de nitrógeno y de oxígeno caen fuera de los rangos mencionados anteriormente. La figura 11 muestra la relación entre las concentraciones de gas nitrógeno y gas oxígeno y la diferencia de color ΔE^* . Como se muestra en la figura 11, ΔE^* se incrementa drásticamente una vez que la concentración de gas nitrógeno es menor que un cierto valor (es decir, que la concentración de gas oxígeno es

mayor que un cierto valor). Esto indica que las características de la película de nitruro de óxido de silicio están sujetas a cambios críticos, de tal manera que se mejoran en gran medida los efectos de prevención de la decoloración y la oxidación prescribiendo que el contenido porcentual de nitrógeno y el contenido porcentual de oxígeno estén dentro de los rangos mencionados anteriormente.

La figura 12 muestra la relación entre el contenido porcentual de oxígeno en la película de SiON y la diferencia de color ΔE^* . La figura 13 muestra la relación entre el contenido porcentual de nitrógeno en la película de SiON y la diferencia de color ΔE^* . Se puede ver a partir de las figuras 12 y 13 que la diferencia de color ΔE^* antes y después del calentamiento se puede reducir en una medida suficiente prescribiendo que el contenido porcentual de oxígeno y el contenido porcentual de nitrógeno en la película de SiON sea aproximadamente 30% en masa o menos y aproximadamente 10% en masa o más, respectivamente, de manera que se obtiene un buen efecto de prevención de la oxidación.

El inventor desconoce la razón de tales efectos inesperados. Sin embargo, durante el calentamiento hasta una temperatura alta, se produce un fenómeno en el que silicio contenido en la película de nitruro de óxido de silicio se liga al oxígeno externo y en su lugar libera hacia el tubo metálico el oxígeno al que se ha ligado originalmente el silicio. Es presumible que es menos probable que se produzca este fenómeno, ya que se reduce el contenido porcentual de oxígeno, es decir, a medida que se incrementa el contenido porcentual de nitrógeno.

Desde el punto de vista de la mejora del efecto de prevención de la decoloración, es preferible incrementar el contenido porcentual de oxígeno e incrementar el contenido porcentual de nitrógeno en la película de SiON en la mayor medida posible. Más preferentemente, el contenido porcentual de oxígeno es 5% en masa o menos y el contenido porcentual de nitrógeno es 40% en masa o más.

Sin embargo, con el fin de reducir suficientemente el contenido porcentual de oxígeno en la película de SiON, será necesario evacuar el interior de la cámara 21 para alcanzar un grado de vacío suficientemente grande y entonces no introducir nada, salvo el gas nitrógeno en la cámara 21 antes de realizar la pulverización catódica. Por ejemplo, con el fin de alcanzar un contenido porcentual de oxígeno de 5% en masa o menos, es necesario prescribir que el grado de vacío en la cámara 21 sea aproximadamente 1×10^{-4} Pa o menos. La prescripción del grado de vacío 21, que es suficientemente grande para alojar una parte tan grande como el tubo de escape 5 hasta el valor alto mencionado anteriormente, puede requerir una cantidad incrementada del tiempo de producción, que sería desventajoso para la producción. Incluso si se realizan largas horas de evacuación utilizando una bomba de alto rendimiento, será todavía imposible que la cantidad de oxígeno residual y la cantidad de oxígeno que sale desde la pieza de trabajo, plantillas, aparatos, etc. llegue a cero. Por lo tanto, en la producción real, es muy difícil conseguir un contenido porcentual de oxígeno menor que aproximadamente 1% en masa.

Por otra parte, con el fin de asegurar que el contenido porcentual de oxígeno sea mayor que aproximadamente 5% en masa, pero aproximadamente 30% en masa, o menos y que el contenido porcentual de nitrógeno sea aproximadamente 10% en masa o más, pero menor que aproximadamente 40% en masa, el grado de vacío en la cámara 21 solamente tiene que ser aproximadamente 1×10^{-3} Pa. Por lo tanto, la prescripción de tales rangos para los contenidos porcentuales de oxígeno y nitrógeno reducirá el tiempo requerido para la producción, que es muy ventajoso para la producción. Hay que indicar que incluso si el contenido porcentual de oxígeno y nitrógeno están prescritos para situarse dentro de tales rangos, como se muestra en la Tabla 1, se puede reducir la diferencia de color ΔE^* suficientemente pequeña (por ejemplo 1 ó menos) y se obtiene un efecto de prevención de la oxidación adecuado, puesto que, como se ha descrito anteriormente, las formas de realización preferidas de la presente invención utilizan las características únicas de una película de SiON, es decir, que se mejora su efecto de prevención de la oxidación drásticamente asegurando que el contenido porcentual de oxígeno y nitrógeno en la película cae dentro de rangos específicos.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un tubo de escape para un motor de combustión interna que puede prevenir de una manera fiable la decoloración y la oxidación debidas a un gas de escape a alta temperatura.

El tubo de escape para un motor de combustión interna de acuerdo con varias formas de realización preferidas de la presente invención se puede utilizar en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo un vehículo que tiene un motor de combustión interna (por ejemplo, una motocicleta o un vehículo de cuatro ruedas todo terreno) y un aparato de transporte que tiene un motor de combustión interna (por ejemplo, un barco o un avión).

REIVINDICACIONES

1. Un tubo de escape (2) para un motor de combustión interna (1), en el que el tubo de escape comprende:

un tubo de metal (5) que encierra un paso (6) a través del cual pasa un gas de escape desde el motor de combustión interna (1); y

una película cerámica (10) que cubre el tubo de metal (5) desde el exterior,

caracterizado porque la película cerámica (10) contiene no más que aproximadamente 0,5% en masa de un elemento metálico, que está presente en una medida dominante en una superficie del tubo metálico (5); en el que

la película cerámica (10) es una película de SiON que contiene 30% en masa o menos de oxígeno y 10% en masa o más de nitrógeno.

2. El tubo de escape (2) de la reivindicación 1, en el que la película cerámica (10) contiene aproximadamente 5% en masa o menos de oxígeno y aproximadamente 40% en masa o más de nitrógeno.

3. El tubo de escape (2) de la reivindicación 1 ó 2, en el que la película cerámica (10) está dispuesta directamente sobre la superficie del tubo metálico (5).

4. El tubo de escape (2) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la película cerámica (10) tiene un espesor en un intervalo no menor que aproximadamente 5 nm y no más que aproximadamente 300 nm.

5. El tubo de escape (2) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la película cerámica (10) tiene un espesor en un intervalo no menor que aproximadamente 5 nm y no más que aproximadamente 30 nm.

6. El tubo de escape (2) de la reivindicación 4 ó 5, en el que el tubo metálico (5) tiene una rugosidad superficial Ra en el intervalo no menor que aproximadamente 0,4 μm y no mayor que aproximadamente 3,2 μm .

7. El tubo de escape (2) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el tubo metálico (5) está compuesto de titanio, una aleación de titanio, o acero inoxidable.

8. El tubo de escape (2) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el tubo metálico (5) incluye una capa de revestimiento de cromo localizada sobre una superficie del mismo.

9. El tubo de escape (2) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que no está presente substancialmente ninguna película de óxido del elemento metálico que esté presente en una medida dominante en la superficie del tubo metálico (5) entre el tubo metálico (5) y la película cerámica (10).

10. El tubo de escape (2) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la película cerámica (10) es una película depositada con vapor formada por una técnica de deposición con vapor.

11. El tubo de escape (2) de la reivindicación 10, en el que la película cerámica (10) es una película depositada con vapor por una técnica de pulverización catódica o una técnica de galvanizado de iones.

12. El tubo de escape (2) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que el tubo metálico (5) tiene una rugosidad superficial mayor que un intervalo de rugosidad superficial, en el que es previsible que se produzca luz difractada para luz visible, y la película cerámica (10) tiene un espesor similar a un intervalo de espesor en el que es previsible que se produzcan flecos de interferencia para luz visible.

13. Un motor de combustión interna (1) que comprende el tubo de escape (2) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.

14. Un aparato de transporte (100) que comprende el motor de combustión interna (1) de la reivindicación 13.

FIG.1

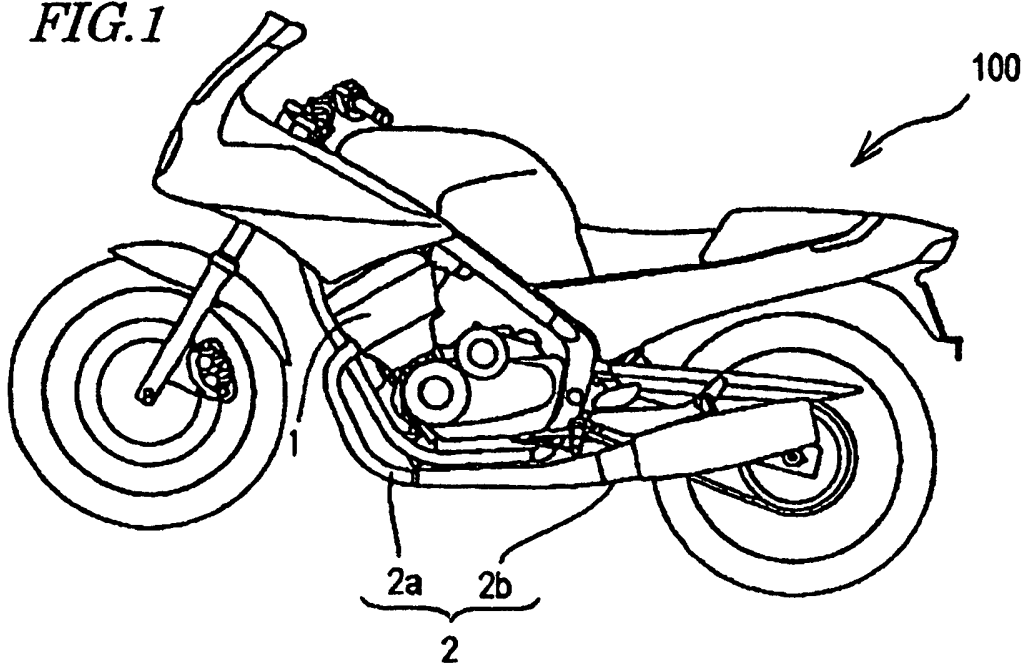


FIG.2

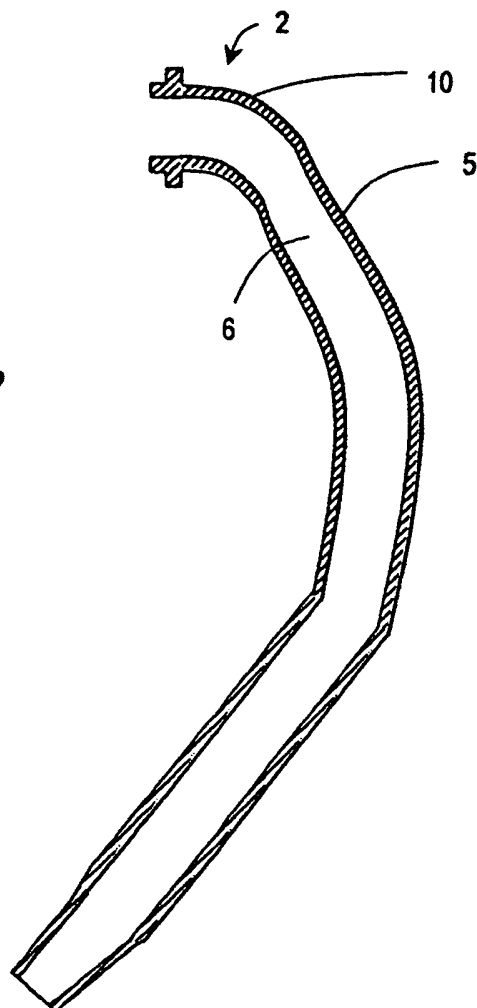


FIG.3A

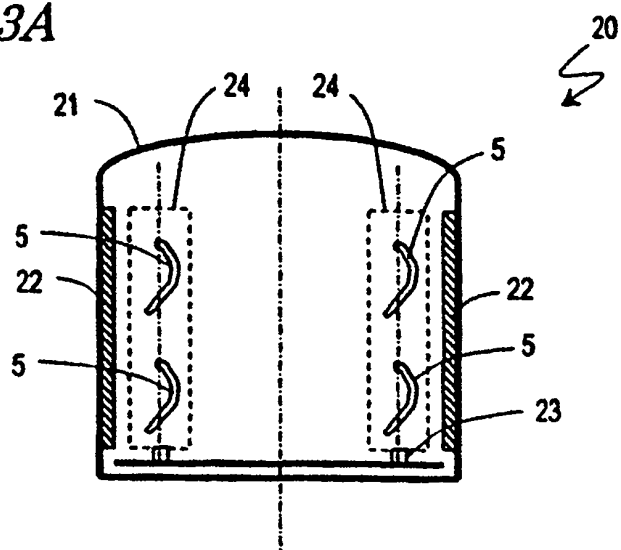


FIG.3B

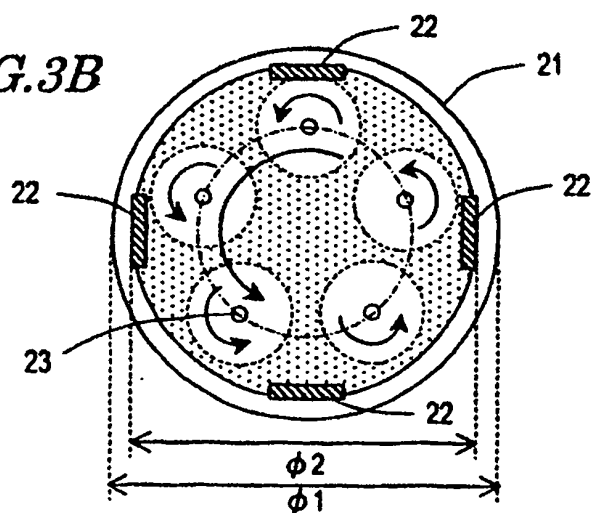


FIG.4

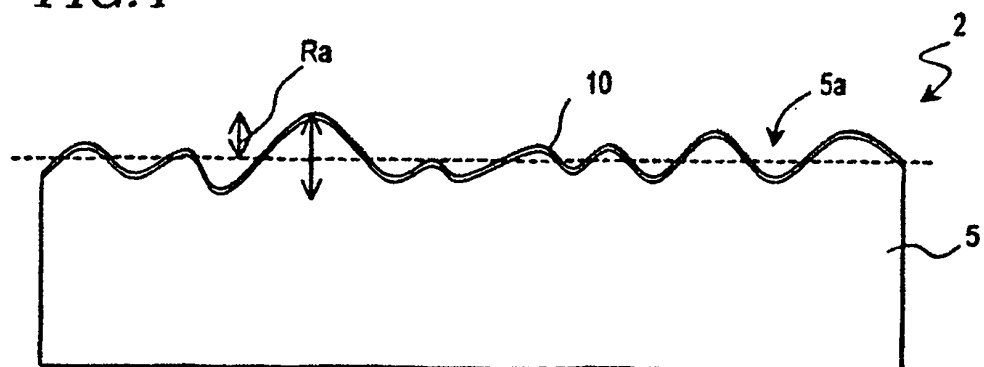


FIG.5A

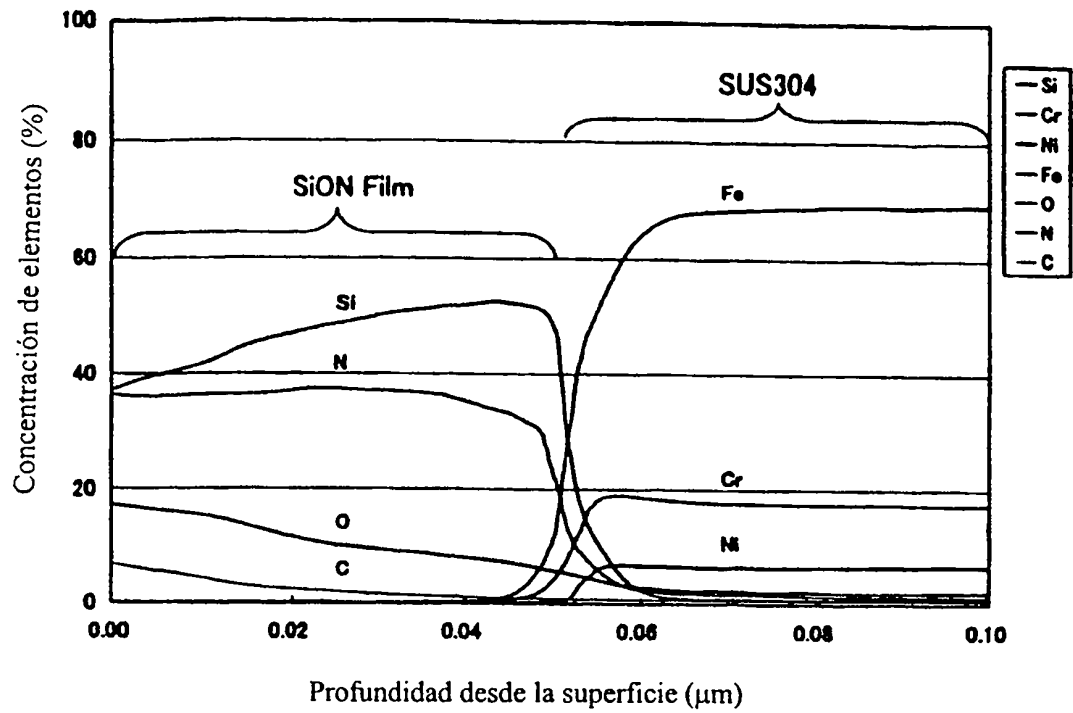


FIG.5B

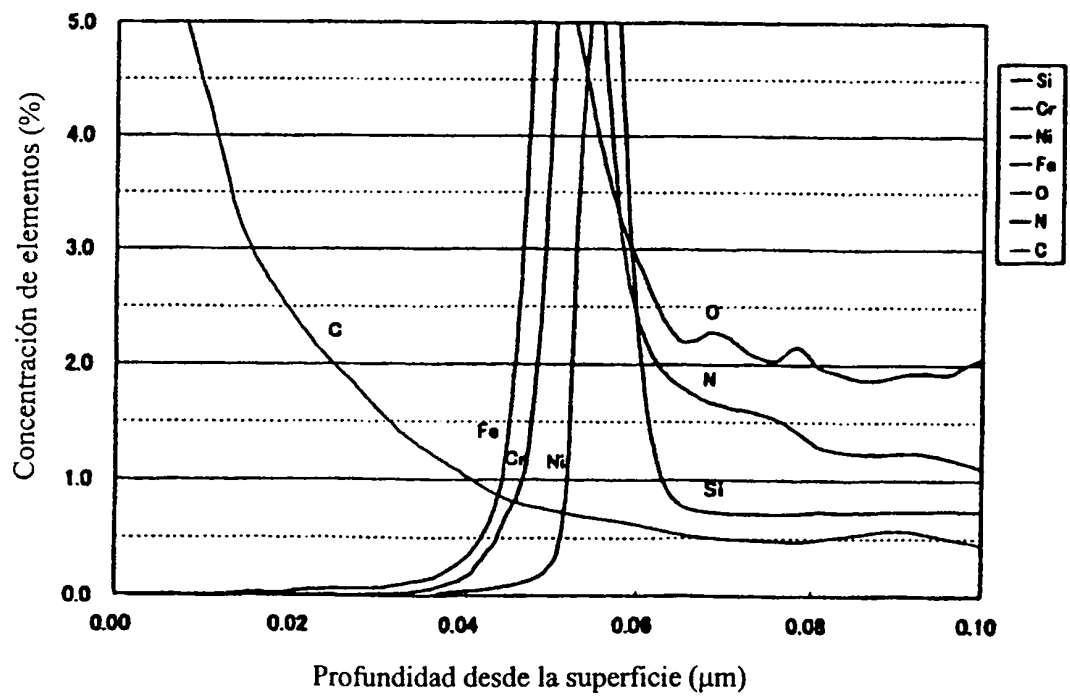


FIG.6A

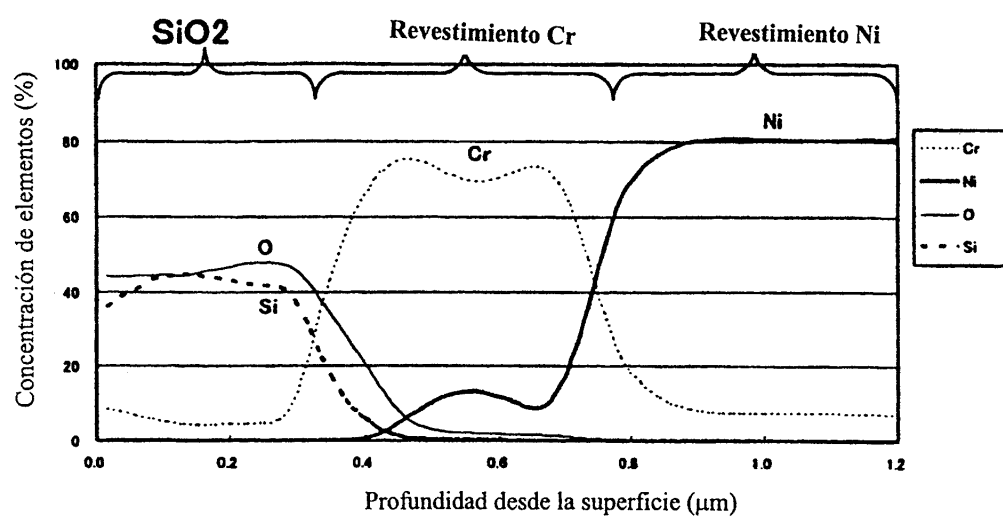


FIG.6B

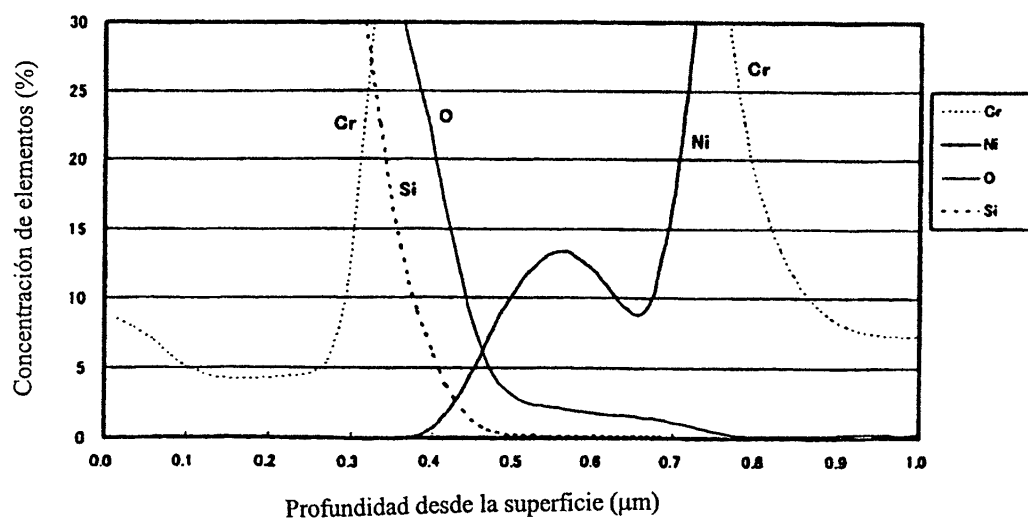


FIG. 7

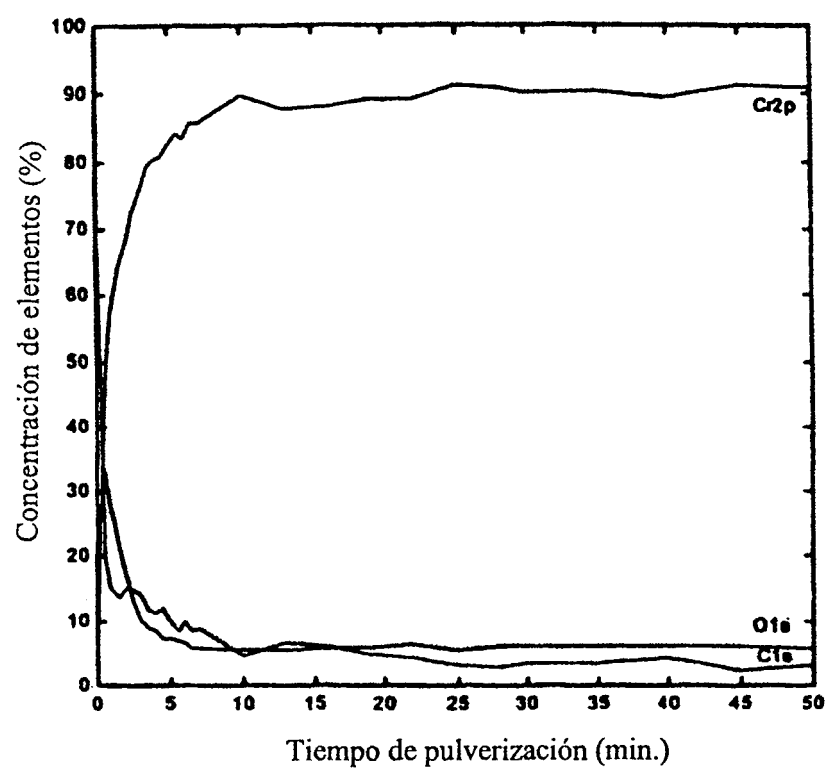


FIG.8A

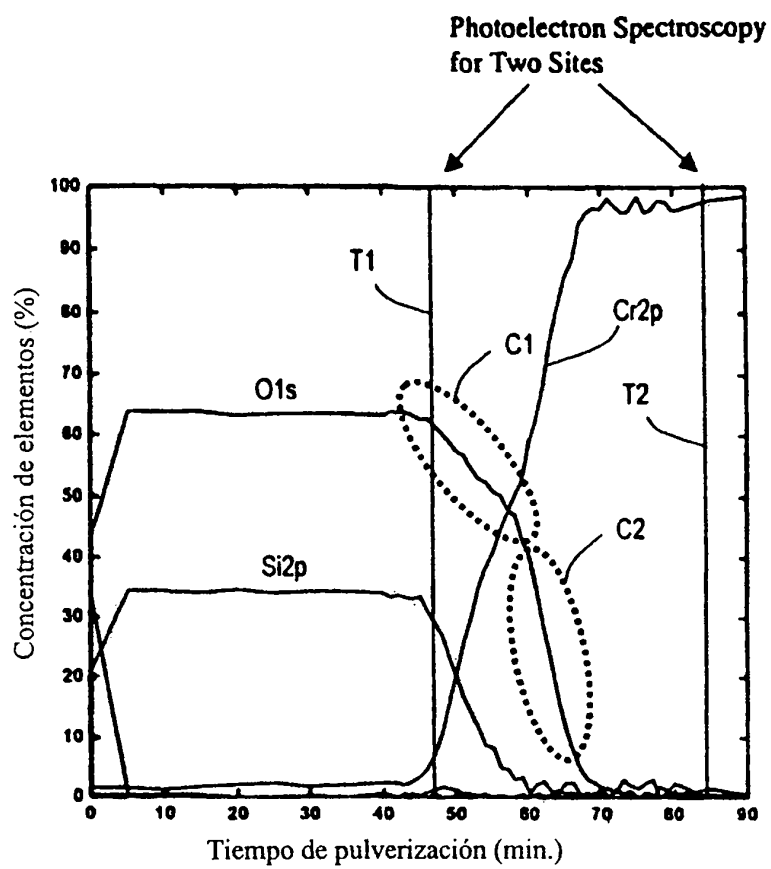


FIG.8B

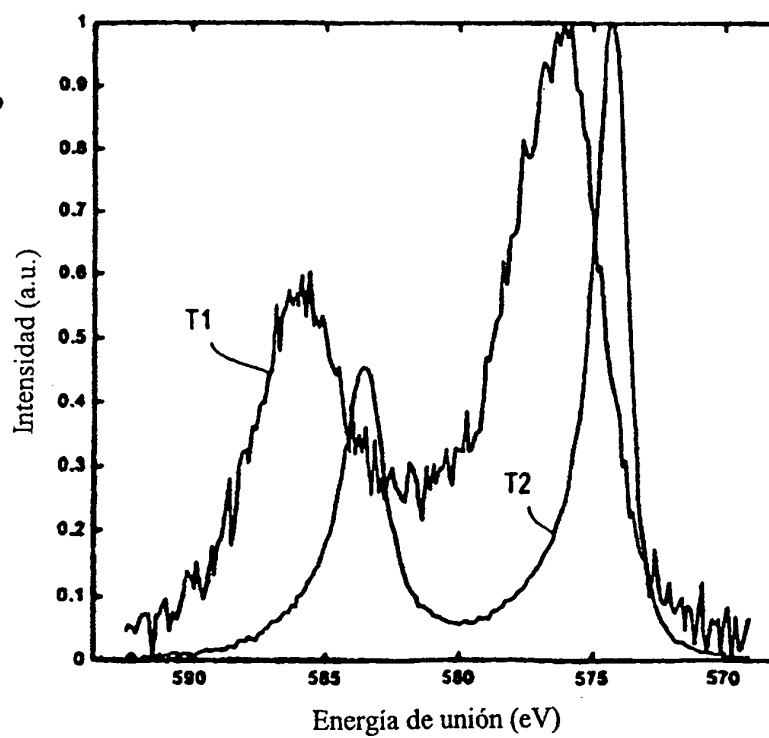


FIG.9

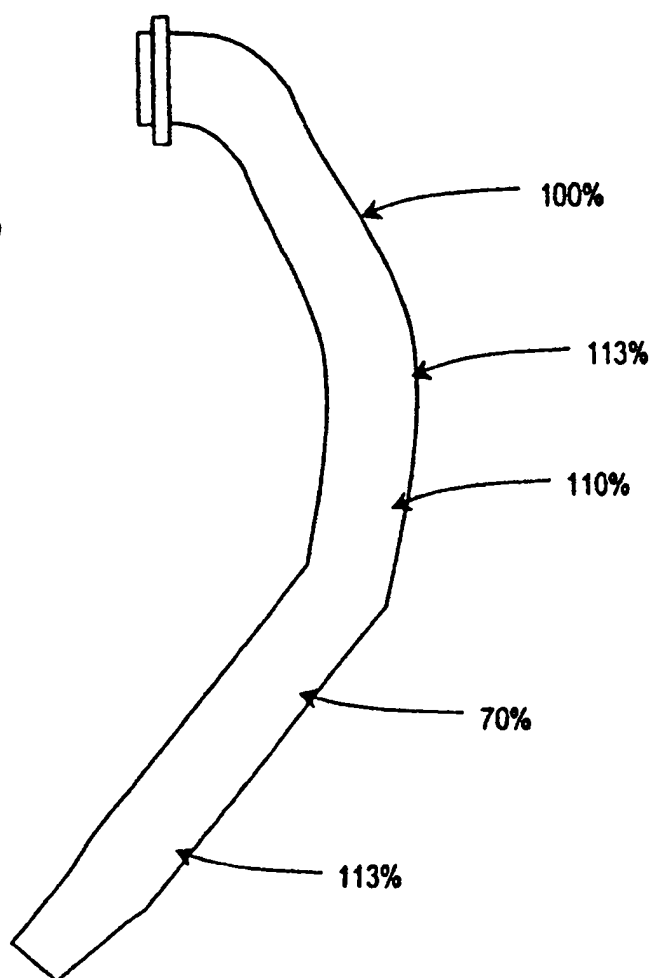


FIG.10

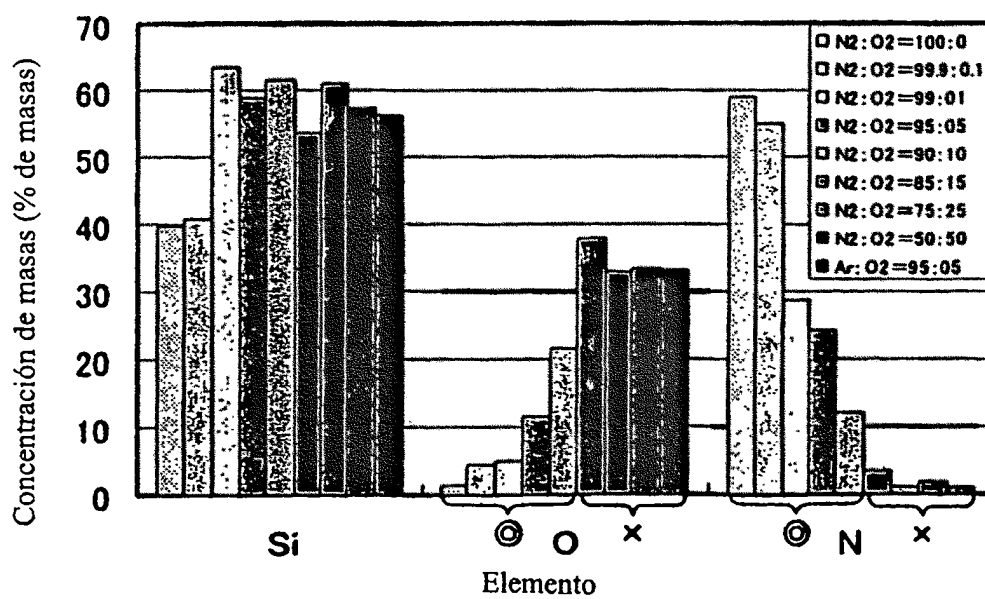


FIG.11

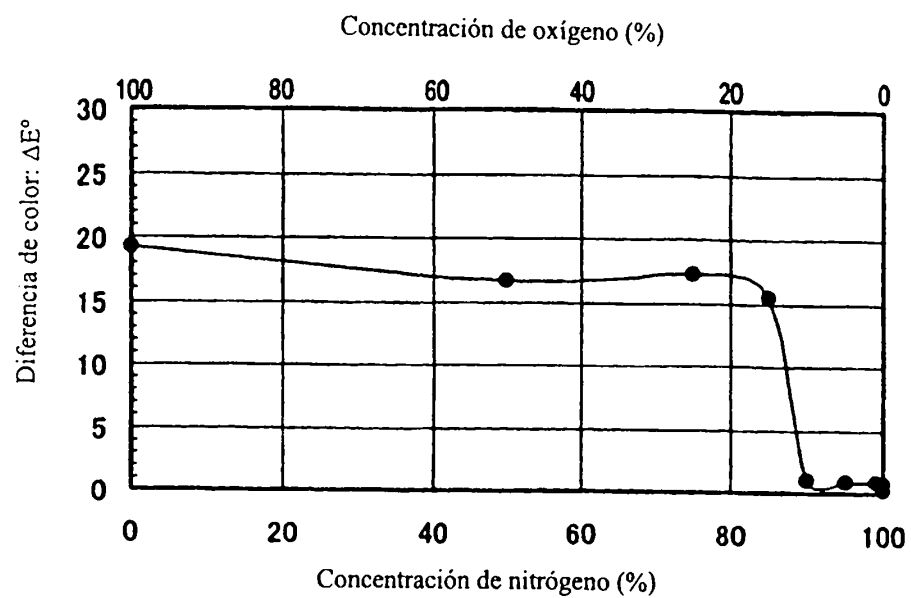


FIG.12

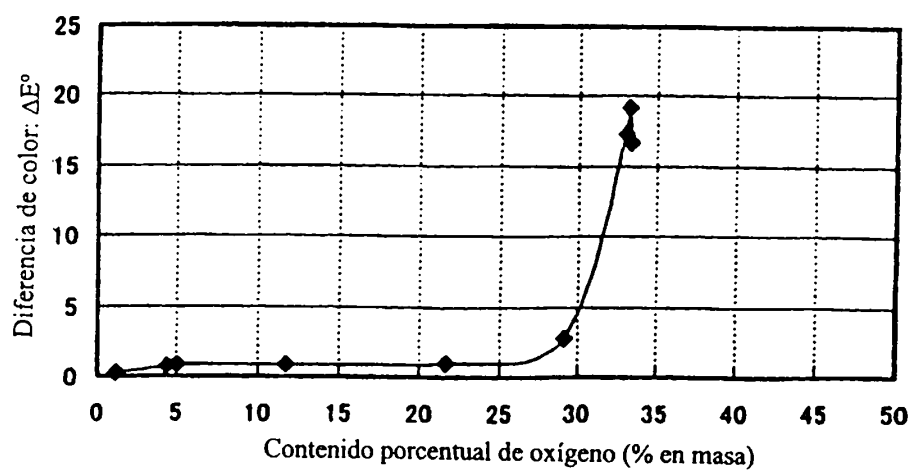


FIG.13

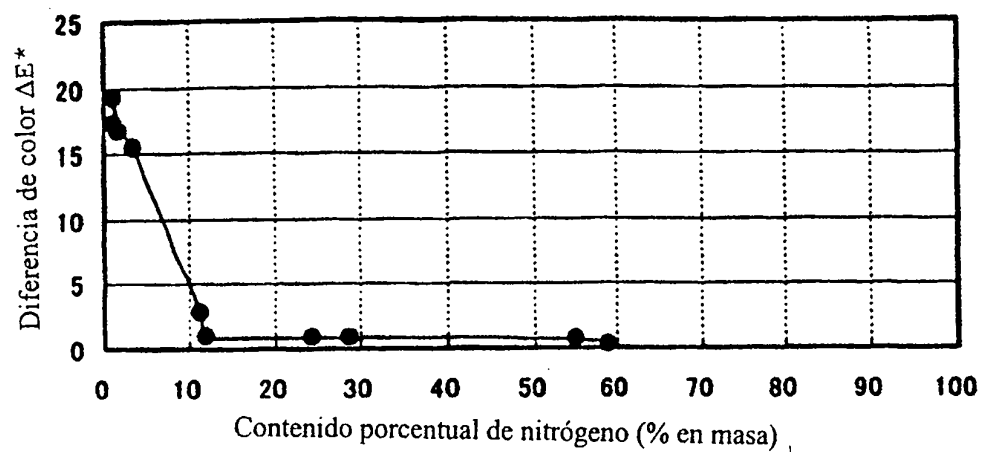


FIG.14

